FÍSICA
SEPTIEMBRE 2000

INSTRUCCIONES GENERALES Y VALORACIÓN. La prueba consta de dos partes. La primera parte consiste en un conjunto de cinco cuestiones de tipo teórico, conceptual o teórico-práctico, de las cuales el alumno debe responder solamente a tres. La segunda parte consiste en dos repertorios A y B, cada uno de ellos constituido por dos problemas. El alumno debe optar por uno de los dos repertorios y resolver los dos problemas del mismo.

TIEMPO: Una hora treinta minutos.

CALIFICACIÓN: Cada cuestión debidamente justificada y razonada con la solución correcta se calificará con un máximo de 2 puntos. Cada problema debidamente planteado y desarrollado con la solución correcta se calificará con un máximo de 2 puntos. En aquellas cuestiones y problemas que consten de varios apartados, la calificación será la misma para todos ellos, salvo indicación expresa en los enunciados.

Primera parte

Cuestión 1

a) ¿Con qué frecuencia angular debe girar un satélite de comunicaciones, situado en una órbita ecuatorial, para que se encuentre siempre sobre el mismo punto de la Tierra?

b) ¿A qué altura sobre la superficie terrestre se encontrará el satélite citado en el apartado anterior?

Datos: Gravedad en la superficie de la Tierra = 9’8 m s^{-2}; Radio medio de la Tierra = 6’37 × 10^6 m

Solución.

a. Para que un satélite se encuentre siempre sobre el mismo punto, el periodo del satélite debe ser igual al periodo de la tierra, en su giro de rotación.

$$T = 1\,\text{dia} = 24\,\text{horas} = 86400\,\text{seg}$$

$$\omega_{ROT} = \frac{2\pi}{T} \qquad \omega_{ROT} = 7'27\times 10^{-5}\ \text{rad}/\text{s}$$

b. La altura se halla estableciendo que la $F_{gravitatoria}$ es la que mantiene al satélite en su orbita circular:

$$F_G = F_N \quad : \quad G\cdot\frac{M_T\cdot m_s}{R^2} = m_s\cdot\frac{V_s^2}{R}$$

Despejando R:

$$R = \frac{G\cdot M_T}{V_s^2} \quad (1)$$

Si la velocidad o frecuencia angular es $\omega = 7'27\times 10^{-5}\ \text{rad}/\text{s}$ $\qquad V_s = \omega\cdot R \quad (2)$

Sustituyendo en (1) la velocidad del satélite:

$$R = \frac{G\cdot M_T}{(\omega\cdot R)^2}$$

despejando el radio de la orbita

$$R = \left[\frac{G\cdot M_T}{\omega^2}\right]^{1/3} \quad (3)$$

Ecuación de la que se desconoce la M_{TIERRA}.

El producto G · M_T, se puede obtener de la gravedad terrestre ya que la fuerza de atracción gravitacional en la superficie de la tierra es el peso:

$$m \cdot g_o = G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2}$$

simplificando

$$g_0 = \frac{G \cdot M_T}{R_T{}^2}$$

despejando el producto G · M_T:

$$G \cdot M_T = g_0 R_T{}^2$$

sustituyendo en (3)

$$R = \left[\frac{g_0 R_T{}^2}{\omega^2}\right]^{1/3} = \frac{9'8\left(\mathrm{m}/\mathrm{s}^2\right) \cdot \left(6'37 \times 10^6 (\mathrm{m})\right)^2}{\left(7'27 \times 10^{-5}\left(\mathrm{rad}/\mathrm{s}\right)\right)^2} = 4'22 \times 10^7 \mathrm{~m}$$

Al radio de la órbita hay que restarle el radio de la tierra para hallar la altura del satélite sobre la superficie terrestre.

$$\left.\begin{array}{l} R = R_T + h \\ h = R - R_T \end{array}\right\} : h = 3'85 \times 10^7 \mathrm{~m}$$

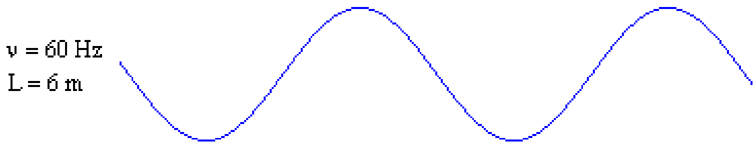
Cuestión 2

Uno de los extremos de una cuerda tensa, de 6 m de longitud, oscila transversalmente con un movimiento armónico simple de frecuencia 60 Hz. Las ondas generadas alcanzan el otro extremo de la cuerda en 0'5 s. Determine:

a) La longitud de onda y el número de onda de las ondas de la cuerda.
b) La diferencia de fase de oscilación existente entre dos puntos de la cuerda separados 10 cm.

Solución.

a.



La velocidad de programación de la onda:

$$v = \frac{\lambda}{T} \qquad v = \frac{L}{t} = \frac{6 \mathrm{~m}}{0'5 \mathrm{~seg}} \qquad v = 12 \mathrm{~m}/\mathrm{s}$$

si la $\nu = 60\mathrm{Hz}$ $\qquad T = \frac{1}{\nu} = \frac{1}{60}\mathrm{seg}$

teniendo en cuenta que

$$\lambda = v \cdot T \qquad \lambda = 12 \mathrm{~m}/\mathrm{s} \cdot \frac{1}{60}\mathrm{seg} \qquad \lambda = 0'2\mathrm{m}$$

conocida la longitud de onda, el número de ondas es:

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \qquad k = \frac{2\pi}{0'2} = 10\pi \qquad k = 31'42$$

b. Si se considera la ecuación de la onda que genera el M.A.S. para un punto x y otro punto situado a 10 cm, x + 0'1:

$$\begin{cases} y(x, t) = A\mathrm{sen}(kx - \omega t + \varphi_o) \\ y(x + 0'1, t) = A\mathrm{sen}(k[x + 0'1] - \omega t + \varphi_0) \end{cases}$$

donde las fases son, respectivamente, $(kx - \omega t + \varphi_0)$ y $(k[x + 0'1] - \omega t + \varphi_0)$, la diferencia de fase entre esos dos puntos se halla restando sus fases:

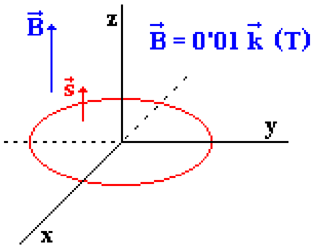
$$\Delta\varphi = [k[x+0'1] - \omega t + \varphi_0] - [kx - \omega t + \varphi_0] = 0'1k$$
$$\Delta\varphi = 0'1\cdot 10\pi \qquad \Delta\varphi = \pi$$

Cuestión 3.

Un campo magnético uniforme y constante de 0,01 T está dirigido a lo largo del eje Z. Una espira circular se encuentra situada en el plano XY, centrada en el origen, y tiene un radio que varía en el tiempo según la función: r = 0’1 – 10 t (en unidades SI). Determine:

a) La expresión del flujo magnético a través de la espira.
b) En qué instante de tiempo la fuerza electromotriz inducida en la espira es 0,0l V.

Solución.



a. El flujo magnético a través de la espira tiene la expresión:

$$\phi = \overline{B} \circ \overline{S} \qquad \phi = B \cdot S \cdot \cos\theta$$

donde θ es el ángulo formado por $\vec{B}$ y $\vec{S}$

El campo magnético es constante, y su valor es de 0’01 T. La superficie de la espira es $S = \pi r^2$, teniendo en cuenta que el radio es función del tiempo, la superficie de la espira queda $S = \pi(0'1 - 10t)\ m^2$, y θ es constante e igual a cero, con lo que $\cos\theta = 1$.

Por tanto, la expresión para el flujo es:

$$\phi = 0'01\cdot\pi(0'1 - 10t)^2 \ \ (\mathrm{Wb})$$

b. Se halla primero la f.e.m. incluida para un t genérico:

$$\in = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{d}{dt}\left[0'01\pi(0'1-10t)^2\right] = -0'01\pi\cdot 2(0'1-10t)\cdot(-10) \qquad \in_{(t)} = +0'2\pi\cdot(0'1-10t)$$

Teniendo en cuenta que $\in = 0'1\mathrm{V}$, el tiempo se calcula despejando de la expresión anterior:

$$\left.\begin{array}{r} \in(t) = 0'2\pi\cdot(0'1-10t) \\ \in(t) = 0'01 \end{array}\right\} : 0'01 = 0'2\pi(0'1-10t)$$

operando y despejando

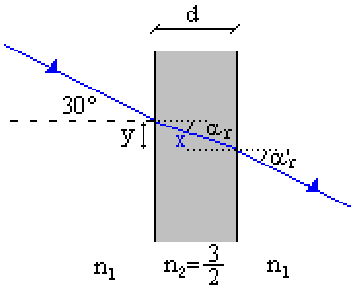
$$t = 8'41\cdot 10^{-3}\,\mathrm{seg}$$

Cuestión 4.

Sobre una lámina de vidrio de caras planas y paralelas, de espesor 2 cm y de índice de refracción n = 3/2, situada en el aire, incide un rayo de luz monocromática con un ángulo q_i= 30°.

a) Compruebe que el ángulo de emergencia es el mismo que el ángulo de incidencia.
b) Determine la distancia recorrida por el rayo dentro de la lámina y el desplazamiento lateral, del rayo emergente.

Solución.



a. El ángulo del rayo refractado por la 1ª cara se calcula aplicando la ley de Snell:

$$n_1 \cdot \text{sen}\,\alpha_i = n_2 \cdot \text{sen}\,\alpha_r$$

$$\text{sen}\,\alpha_r = \frac{n_1}{n_2}\text{sen}\,\alpha_i$$

$$\text{sen}\,\alpha_r = \frac{1}{3/2}\text{sen}\,30^{o} \Rightarrow \alpha_r = 19'47^{o}$$

a continuación se calcula el ángulo de refracción en la 2ª cara:

$$n_2 \cdot \text{sen}\,\alpha_i = n_1 \text{sen}\alpha'_r$$

como $\alpha_i = \alpha_r$

$$\text{sen}\,\alpha'_r = \frac{n_2}{n_1}\text{sen}\,\alpha_i = \frac{3/2}{1}\cdot\text{sen}\,19'47^{o} = 0'5 \quad \Rightarrow \quad \alpha'_r = 30^{o}$$

b. Si $d = 2\text{cm} = 2\times10^{-2}\,\text{m}$, la distancia x recorrida por el rayo es:

$$\cos\alpha_r = \frac{d}{x} \qquad x = \frac{d}{\cos\alpha_r} = \frac{2\times10^{-2}}{\cos 19'47^{o}} = 0'021\text{m}$$

c. El desplazamiento lateral(y):

$$\text{sen}\,\alpha_r = \frac{y}{x} \quad \Rightarrow \quad y = x\cdot\text{sen}\,\alpha_r = 0'021\cdot\text{sen}\,19'47^{o} = 7'07\cdot10^{-3}\,\text{m}$$

Cuestión 5.

a) ¿Qué intervalo aproximado de energías (en eV) corresponde a los fotones del espectro visible ?
b) ¿Qué intervalo aproximado de longitudes de onda de De Broglie tendrían los electrones en ese intervalo de energías?

Las longitudes de onda del espectro visible están comprendidas, aproximadamente, entre 390 nm en el violeta y 740 nm en el rojo.

Datos: Masa del electrón $m = 9'1\times10^{-31}$ kg;

Valor absoluto de la carga del electrón $e = 1'0\times10^{-19}$ C

Velocidad de la luz en el vacio $c = 3\times10^{8}$ m s^{-1}; Constante de Planck $h = 6'63\times10^{-34}$ J·s

Solución.

a. El espectro visible cubre las longitudes de onda, desde 390 nm a 740 nm. Las frecuencias que corresponden a estas longitudes de onda(λ) son:

$$\nu_o = \frac{c}{\lambda_o} = \frac{3\times10^8}{390\times10^{-9}} = 7'69\times10^{14}\,\text{Hz}$$

$$\nu_f = \frac{c}{\lambda_f} = \frac{3\times10^8}{740\times10^{-9}} = 4'05\times10^{14}\,\text{Hz}$$

Las energías correspondientes a estas frecuencias son:

$$E_o = h\cdot\nu_0 = 6'63\times10^{-34}\cdot7'69\times10^{14} = 5'10\times10^{-19}\,\text{J}$$
$$E_f = h\cdot\nu_f = 6'63\times10^{-34}\cdot4'05\times10^{14} = 2'69\times10^{-19}\,\text{J}$$

la diferencia de ambas energías será:

$$\Delta E = 5'10\times10^{-19} - 2'69\times10^{-19} = 2'41\times10^{-19}\,\text{J}$$

Para expresarlo en eV habrá que tener en cuenta la equivalencia:

$$1\,\text{eV} \xrightarrow{\text{Equivale}} 1'6\times10^{-19}\ \text{J}$$

por lo tanto para pasar la energía en Julios a eV, se divide por la carga del electrón($1'6\times10^{-19}$)

$$\Delta E = 2'41\times10^{-19}\,\text{J}\cdot\frac{1}{1'6\times10^{-19}\ \text{J}/\text{eV}} = 1'51\,\text{eV}$$

b. Las longitudes de onda de De Broglie de los electrones con estas energías son:

$$\lambda_o = \frac{h}{m\cdot v} \qquad (1)$$

Si la energía de los electrones es enteramente cinética:

$$E_c = \frac{1}{2}m\cdot v^2$$

Despejando la v, para introducirla en (1):

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}}$$

λ_o queda de la forma:

$$\left.\begin{aligned}\lambda_0 &= \frac{h}{m\sqrt{\frac{2E_o}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2mE_o}} = \frac{6'63\times10^{-34}}{\sqrt{2\cdot9'1\times10^{-31}\cdot5'10\times10^{-19}}} = 6'88\cdot10^{-10}\,\text{m} = 0'688\,\text{nm}\\ \lambda_f &= \frac{h}{m\sqrt{\frac{2E_f}{m}}} = \frac{h}{\sqrt{2mE_f}} = \frac{6'63\times10^{-34}}{\sqrt{2\cdot9'1\times10^{-31}\cdot2'69\times10^{-19}}} = 9'48\cdot10^{-10}\,\text{m} = 0'948\,\text{nm}\end{aligned}\right\}: \Delta\lambda = 0'260\,\text{nm}$$

SEGUNDA PARTE

REPERTORIO A

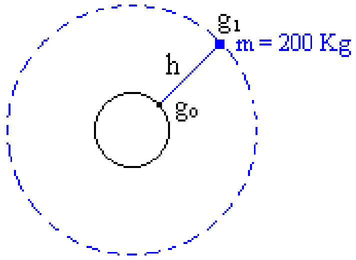
Problema 1.

Un satélite artificial de 200 kg gira en una órbita circular a una altura h sobre la superficie de la Tierra. Sabiendo que a esa altura el valor de la aceleración de la gravedad es la mitad del valor que tiene en la superficie terrestre, averiguar:

a) La velocidad del satélite
b) Su energía mecánica

Datos: Gravedad en la superficie terrestre g = 9'8 m s^{-2}
Radio medio de la Tierra R = 6'37x 10^6 m

Solución.



a. La velocidad de un satélite en una órbita se puede calcular conociendo la altura ó radio de la órbita. Se pide calcular la velocidad de un satélite sabiendo que a esa altura la gravedad se reduce a la mitad

$$g_1 = \frac{1}{2} g_0 \quad \text{-1-}$$

Calculando los valores de g_1 y g_0, y relacionándolos entre si:

$$g_0 = G \frac{M_T}{R_T^2} \quad y \quad g_1 = G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} \quad \text{-2-}$$

sustituyendo -2- en -1-:

$$G \frac{M_T}{(R_T + h)^2} = \frac{1}{2} \cdot G \frac{M_T}{R_T^2}$$

simplificando y ordenando

$$\frac{R_T^2}{(R_T + h)^2} = \frac{1}{2} \quad \text{-3-}$$

De -3- se despeja h transformando la expresión en una ecuación de 2º grado:

$$(R_T + h)^2 = 2R_T^2 \qquad R_T^2 + h^2 + 2R_T \cdot h = 2R_T^2 \qquad h^2 + 2R_T h - R_T^2 = 0$$

Resolviendo la ecuación:

$$h = \left(\sqrt{2} - 1\right) R_T \qquad h = 2638540 \text{ m} = 2'64 \times 10^6 \text{ m}$$

Conocida la altura de la órbita, la velocidad del satélite, se halla igualando la fuerza atracción gravitacional con la fuerza centrípeta:

$$\bar{F}_g = \bar{F}_{centrípeta}$$

$$G \cdot \frac{M_T \cdot m}{R^2} = m \cdot \frac{v^2}{R} \qquad v = \sqrt{G \cdot \frac{M_T}{R}} \quad \text{-4-}$$

donde R es la suma de la altura más el radio de la tierra.

$$R = h + R_T = 2.638.540 + 6.370.000 = 9.008.540\,m \qquad R = 9'01\times10^6\ m$$

El producto G · M_T, se obtiene de la expresión de g en la superficie terrestre.

$$g_o = G\cdot\frac{M_T}{R_T^2} \Rightarrow G\cdot M_T = g_o\cdot R_T^2 \quad \text{-5-}$$

sustituyendo en -4-

$$v = \sqrt{\frac{g_o\cdot R_T^2}{R}}$$

sustituyendo por los valores numéricos

$$v = \sqrt{\frac{9'8\cdot\left(6'37\times10^6\right)^2}{9'01\times10^6}} = 6643'4\ {}^{m}\!/\!{}_{s}$$

b. La energía mecánica del satélite en la órbita ves la suma de la energía potencial más la energía cinética.

$$E_{mec} = -G\cdot\frac{M_T\cdot m}{R} + \frac{1}{2}m\cdot v^2$$

teniendo en cuenta la expresión -5-

$$E_{mec} = -\frac{m\cdot g_o\cdot R_T^2}{R} + \frac{1}{2}m\cdot v^2$$

sustituyendo por los datos

$$E_{mec} = -\frac{200\cdot 9'8\cdot\left(6'37\times10^6\right)^2}{9'01\times10^6} + \frac{1}{2}\cdot 200\cdot 6643'4^2 = 4'41\times10^9\ J$$

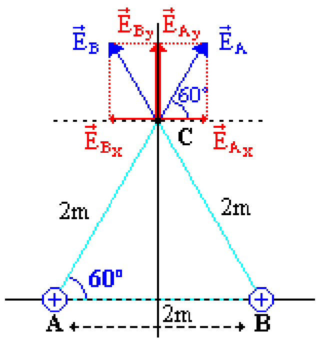
Problema 2.-

Los puntos A, B y C son los vértices de un triángulo equilátero de 2 m de lado. Dos cargas iguales positivas de 2 μC están en A y B.

a) ¿Cuál es el campo eléctrico en el punto C?
b) ¿Cuál es el potencial en el punto C?
c) ¿Cuánto trabajo se necesita para llevar una carga positiva de 5 μC desde el infinito hasta el punto C si se mantienen fijas las otras cargas?
d) Responder al apartado anterior c) si la carga situada en B se sustituye por una carga de –2 –C.

Datos: Permitividad del vacío $e_o = 8'85 \times 10^{-12}\ N^{-1}m^{-2}C^2$

Solución.



a. Se calcula el módulo del campo creado por cada carga en C, y se suman vectorialmente:

$$\left|\overline{E}_{A_C}\right| = k\cdot\frac{q_A}{R^2} = \frac{1}{4\pi\cdot\varepsilon_o}\cdot\frac{q_A}{R^2} = \frac{1}{4\pi\cdot 8'85\times10^{-12}}\cdot\frac{2\times10^{-6}}{2^2} = 4'5\times10\ ^{N}\!/_{C}$$

$$\left|\overline{E}_{B_C}\right| = k\cdot\frac{q_A}{R^2} = \frac{1}{4\pi\cdot\varepsilon_o}\cdot\frac{q_A}{R^2} = \frac{1}{4\pi\cdot 8'85\times10^{-12}}\cdot\frac{2\times10^{-6}}{2^2} = 4'5\times10\ ^{N}\!/_{C}$$

Por simétrica, y puesto que los módulos de ambos campos son iguales, las componentes x se anulan, quedando únicamente las componente y:

$$\left|\overline{E}_{A_y}\right| = \left|\overline{E}_{A_C}\right|\cdot \text{sen } 60^o = \left|\overline{E}_{B_y}\right|$$

$$\overline{E}_{T_c} = 2\left|\overline{E}_{A_C}\right|\cdot \text{sen } 60^o\ \ j \qquad \overline{E}_{T_c} = 9\times10^3\ \ j\ ^{N}\!/_{C}$$

b. Se calcula el potencial creado por cada carga en C y se suman escalarmente

$$V_T = k\cdot\frac{q_A}{R} + k\cdot\frac{q_B}{R} = 2k\cdot\frac{q_A}{R} = 2\frac{1}{4\pi\cdot 8'85\times10^{-12}}\cdot\frac{2\times10^{-6}}{2} = 1'8\times10^4\ ^{J}\!/_{C}(v)$$

c. El W para llevar una carga desde el infinito hasta el punto C se calcula como:

$$W = q(V_\infty - V_C)$$

Sí $q = 5\times10^{-6}$, $V_\infty = 0$, $V_C = 1'8\times10^4$, sustituyendo en la ecuación anterior

$$W = 5\times10^{-6}\cdot\left(0 - 1'8\times10^4\right) = -9\times10^{-2}\ \ J$$

Trabajo que se realiza contra el campo.

d. Si la carga en B fuera $q_B = -2\cdot10^{-6}\,C$, el potencial en C será:

$$V_c = k\frac{q_A}{2} + k\frac{q_B}{2} = \frac{1}{4\pi\cdot 8'85\times10^{-12}}\cdot\frac{2\cdot10^{-6}c}{2} + \cdot\frac{1}{4\pi\cdot 8'85\times10^{-12}}\frac{\left(-2\cdot10^{-6}\right)}{2} = 0$$

Por tanto, el W necesario para traer del infinito la carga en este caso, será nulo:

$$W = q\cdot(V_\infty - V_c) \qquad W = 0$$

REPERTORIO B

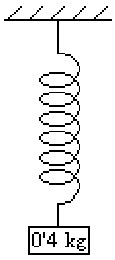
Problema 1.-

Un oscilador armónico constituido por un muelle de masa despreciable, y una masa en el extremo de valor 40 g, tiene un periodo de oscilación de 2 s.

a) ¿Cuál debe ser la masa de un segundo oscilador, construido con un muelle idéntico al primero, para que la frecuencia de oscilación se duplique?

b) Si la amplitud de las oscilaciones en ambos osciladores es 10 cm, ¿cuánto vale, en cada caso, la máxima energía potencial del oscilador y la máxima velocidad alcanzada por su masa?

Solución.



a. Si el periodo es $T = 2$ s, la frecuencia es $\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2} = 0'5\,\text{Hz}$ y la velocidad angular es $\omega = 2\pi \cdot \nu$, sustituyendo, $\omega = \pi \,{}^{\text{rad}}\!/_{\text{s}}$

Con estos datos se puede hallar la constante del muelle:

$$k = m \cdot \omega^2 = 0'4\,\text{kg} \cdot \left(\pi \,{}^{\text{rad}}\!/_{\text{s}}\right)^2 = 0'4\pi^2 \,{}^{\text{N}}\!/_{\text{m}}$$

La masa del segundo oscilador m'debe duplicar la frecuencia:

$$\nu' = 2\nu \qquad \nu' = 2 \cdot \frac{1}{2} = 1\text{Hz}$$

al duplicar la frecuencia, también se duplica la velocidad angular

$$\omega = 2\pi \,{}^{\text{rad}}\!/_{\text{s}}$$

Si se despeja la masa en la ecuación de la constante(k es una característica del muelle, y por tanto constante)

$$k = m \cdot \omega^2 \qquad m = \frac{k}{\omega^2} \qquad m = \frac{0'4\pi^2}{(2\pi)^2} \qquad m = 0'1\text{kg}$$

b. Si la amplitud de los dos osciladores es la misma, su energía potencial máxima también lo es, ya que:

$$E_{p_{máx}} = E_{mec} = \frac{1}{2} k \cdot A^2$$

y su valor por tanto es:

$$E_{p_{máx}} = \frac{1}{2} 0'4\pi^2 \cdot (0'1)^2 = 0'0197\,\text{J}$$

La máxima velocidad alcanzada por la masa, dependerá del máximo valor alcanzado por la energía mecánica

$$\frac{1}{2} k \cdot A^2 = E_{p_{máx}} = E_{mec_{máx}} = E_{c_{máx}} = \frac{1}{2} m \cdot v_{máx}^2$$

puesto que la $E_{c_{máx}}$, es igual a la energía mecánica máxima

$$0'0197 = \frac{1}{2} m \cdot v_{máx}^2$$

para el primer oscilador: $m = 40gr$

$$v_{máx} = \sqrt{\frac{2E_{c_{máx}}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0'0197}{0'040}} = 0'993\ m/s$$

para el segundo: $m = 10gr$

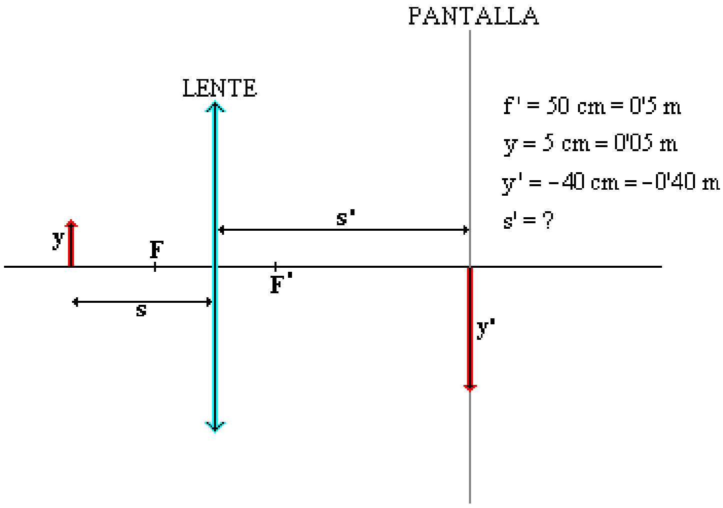
$$v_{máx} = \sqrt{\frac{2E_{c_{máx}}}{m'}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0'0197}{0'010}} = 1'987\ m/s$$

Problema 2.-

Una lente convergente con radios de curvatura de sus caras iguales, y que suponemos delgada, tiene una distancia focal de 50 cm. Proyecta sobre una pantalla la imagen de un objeto de tamaño 5 cm.

a) Calcule la distancia de la pantalla a la lente para que la imagen sea de tamaño 40 cm.
b) Si el índice de refracción de la lente es igual a 1,5 ¿Qué valor tienen los radios de la lente y cuál es la potencia de la misma?

Solución.



a. El aumento lateral de la lente es: $\frac{y'}{y} = \frac{s'}{s}$

de modo que $\frac{s'}{s} = \frac{-0'4}{0'05}$ $\qquad s = \frac{-s'}{8}$

como se conoce f ':

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{s'} - \frac{1}{s} \qquad \frac{1}{0'5} = \frac{1}{s'} - \left(-\frac{1}{s'/8}\right) \qquad \frac{1}{0'5} = \frac{1}{s'} + \frac{8}{s'} \qquad \frac{1}{0'5} = \frac{9}{s'} \qquad s' = 4'5m$$

Distancia de la lente a la pantalla es de 4'5 m.

b. Si $n = 1'5$

Teniendo en cuenta que: $\frac{1}{f'} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2}\right) = \{r_2 = -r_1\} = (n-1)\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{-r_1}\right) = (n-1) \cdot \frac{2}{r_1}$

$$\frac{1}{f'} = (n-1) \cdot \frac{2}{r_1} \qquad \frac{1}{f'} = (1'5-1) \cdot \frac{2}{r_1} \Rightarrow f' = r_1 = 0'5$$

$$P = \frac{1}{f} = \frac{1}{0'5} \qquad P = 2m^{-1} = 2\ \text{dioptrias}$$